

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. März 2004 (04.03.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/018474 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **C07D 487/04**,  
A61K 31/519, A61P 25/00 // (C07D 487/04, 239:00,  
231:00)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/008923

(22) Internationales Anmeldedatum:  
12. August 2003 (12.08.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 38 723.0 23. August 2002 (23.08.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **BAYER HEALTHCARE AG** [DE/DE]; 51368 Lev-  
erkusen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HENDRIX, Martin**  
[DE/DE]; Im Geroden 5, 51519 Odenthal (DE). **BÖSS,**  
**Frank-Gerhard** [DE/DE]; Auf dem Scheidt 29 f, 42115  
Wuppertal (DE). **BURKHARDT, Nils** [DE/DE]; Unterste  
Dillenberg 16, 42553 Velbert (DE). **ERB, Christina**  
[DE/DE]; Uhlandstr. 4, 65830 Kriftel (DE). **TERSTEE-**  
**GEN, Adrian** [DE/DE]; Florastr. 32, 42553 Velbert (DE).  
**VAN KAMPEN, Marja** [DE/DE]; Gravenbruchring 79,  
63263 Neu-Isenburg (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **BAYER HEALTHCARE AG**;  
Law and Patents, Patents and Licensing, 51368 Leverkusen  
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,

GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,  
RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,  
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,  
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu  
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die  
folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU,  
AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,  
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,  
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ,  
NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN,  
YU, ZA, ZM, ZW, ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW,  
MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM,  
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent  
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,  
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),  
OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,  
ML, MR, NE, SN, TD, TG)

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: PHENYL-SUBSTITUTED PYRAZOLOPYRIMIDINES

(54) Bezeichnung: PHENYL-SUBSTITUIERTE PYRAZOLOPYRIMIDINE

(57) Abstract: The invention relates to novel phenyl-substituted pyrazolopyrimidines, to a method for the production thereof, and to their use for producing medicaments serving to improve perception, concentration, learning and/or memory.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft neue Phenyl-substituierte Pyrazolopyrimidine, Verfahren zu ihrer Herstellung, und ihre Verwendung zur Herstellung von Arzneimitteln zur Verbesserung von Wahrnehmung, Konzentrationsleistung, Lern- und/oder Gedächtnisleistung.



WO 2004/018474 A1

### Phenyl-substituierte Pyrazolopyrimidine

Die Erfindung betrifft neue Phenyl-substituierte Pyrazolopyrimidine, Verfahren zu  
5 ihrer Herstellung, und ihre Verwendung zur Herstellung von Arzneimitteln zur Verbesserung von Wahrnehmung, Konzentrationsleistung, Lern- und/oder Gedächtnisleistung.

Die zelluläre Aktivierung von Adenylat- bzw. Guanylatzyklasen bewirkt die Zyklisierung von ATP bzw. GTP zu 5'-3' zyklischem Adenosin-Monophosphat (cAMP)  
10 bzw. 5'-3' zyklischem Guanosin-Monophosphat (cGMP). Diese zyklischen Nukleotide (cAMP und cGMP) sind wichtige second messenger und spielen daher eine zentrale Rolle in den zellulären Signaltransduktionskaskaden. Beide aktivieren unter anderem, aber nicht ausschließlich, jeweils wieder Protein-Kinasen. Die von cAMP  
15 aktivierte Protein-Kinase wird Protein-Kinase A (PKA) genannt, die von cGMP aktivierte Protein-Kinase wird Protein-Kinase G (PKG) genannt. Aktivierte PKA bzw. PKG können wiederum eine Reihe zellulärer Effektorproteine phosphorylieren (z.B. Ionenkanäle, G-Protein gekoppelte Rezeptoren, Strukturproteine). Auf diese Weise können die second messengers cAMP und cGMP die unterschiedlichsten physiologischen  
20 Vorgänge in den verschiedensten Organen kontrollieren. Die zyklischen Nukleotide können aber auch direkt auf Effektormoleküle wirken. So ist z.B. bekannt, dass cGMP direkt auf Ionenkanäle wirken kann und hiermit die zelluläre Ionenkonzentration beeinflussen kann (Übersicht in: Wei et al., *Prog. Neurobiol.*,  
**1998**, 56: 37-64). Ein Kontrollmechanismus, um die Aktivität von cAMP und cGMP  
25 und damit diese physiologischen Vorgänge wiederum zu steuern, sind die Phosphodiesterasen (PDE). PDEs hydrolysieren die zyklischen Monophosphate zu den inaktiven Monophosphaten AMP und GMP. Es sind mittlerweile mindestens 21 PDE-Gene beschrieben (*Exp. Opin. Investig. Drugs* **2000**, 9, 1354-3784). Diese 21 PDE-Gene lassen sich aufgrund ihrer Sequenzhomologie in 11 PDE-Familien einteilen (Nomenklatur Vorschlag siehe <http://depts.washington.edu/pde/Nomenclature.html>). Einzelne PDE-Gene innerhalb einer Familie werden durch Buchstaben  
30

unterschieden (z.B. PDE1A und PDE1B). Falls noch unterschiedliche Splice Varianten innerhalb eines Genes vorkommen, wird dies dann durch eine zusätzliche Nummerierung nach dem Buchstaben angegeben (z.B. PDE1A1).

5 Die humane PDE9A wurde 1998 kloniert und sequenziert. Die Aminosäureidentität zu anderen PDEs liegt bei maximal 34 % (PDE8A) und minimal 28 % (PDE5A). Mit einer Michaelis-Menten-Konstante (Km-Wert) von 170 nM ist PDE9A hochaffin für cGMP. Darüber hinaus ist PDE9A selektiv für cGMP (Km-Wert für cAMP = 230  $\mu$ M). PDE9A weist keine cGMP Bindungsdomäne auf, die auf eine  
10 allosterische Enzymregulation durch cGMP schließen ließe. In einer Western-Blot-Analyse wurde gezeigt, daß die PDE9A im Mensch in Hoden, Gehirn, Dünndarm, Skelettmuskulatur, Herz, Lunge, Thymus und Milz exprimiert wird. Die höchste Expression wurde in Gehirn, Dünndarm, Herz und Milz gefunden (Fisher et al., *J. Biol. Chem.*, **1998**, 273 (25): 15559-15564). Das Gen für die humane PDE9A liegt  
15 auf Chromosom 21q22.3 und enthält 21 Exons. Bislang wurden 4 alternative Spleißvarianten der PDE9A identifiziert (Guipponi et al., *Hum. Genet.*, **1998**, 103: 386-392). Klassische PDE-Inhibitoren hemmen die humane PDE9A nicht. So zeigen IBMX, Dipyridamole, SKF94120, Rolipram und Vinpocetin in Konzentrationen bis 100  $\mu$ M keine Inhibition am isolierten Enzym. Für Zaprinast wurde ein IC<sub>50</sub>-Wert  
20 von 35  $\mu$ M nachgewiesen (Fisher et al., *J. Biol. Chem.*, **1998**, 273 (25): 15559-15564).

Die Maus-PDE9A wurde 1998 von Soderling et al. (*J. Biol. Chem.*, **1998**, 273 (19): 15553-15558) kloniert und sequenziert. Diese ist wie die humane Form hochaffin für  
25 cGMP mit einem Km von 70 nM. In der Maus wurde eine besonders hohe Expression in der Niere, Gehirn, Lunge und Herz gefunden. Auch die Maus-PDE9A wird von IBMX in Konzentrationen unter 200  $\mu$ M nicht gehemmt; der IC<sub>50</sub>-Wert für Zaprinast liegt bei 29  $\mu$ M (Soderling et al., *J. Biol. Chem.*, **1998**, 273 (19): 15553-15558). Im Rattengehirn wurde gezeigt, daß PDE9A in einigen Hirnregionen stark  
30 exprimiert wird. Dazu zählen der Bulbus olfactorius, Hippocampus, Cortex, Basalganglien und basales Vorderhirn (Andreeva et al., *J. Neurosci.*, **2001**, 21 (22): 9068-

9076). Insbesondere Hippokampus, Cortex und basales Vorderhirn spielen eine wichtige Rolle an Lern- und Gedächtnisvorgängen.

Wie oben bereits erwähnt, zeichnet sich PDE9A durch eine besonders hohe Affinität für cGMP aus. Deshalb ist PDE9A im Gegensatz zu PDE2A ( $K_m = 10 \mu\text{M}$ ; Martins et al., *J. Biol. Chem.*, **1982**, 257: 1973-1979), PDE5A ( $K_m = 4 \mu\text{M}$ ; Francis et al., *J. Biol. Chem.*, **1980**, 255: 620-626), PDE6A ( $K_m = 17 \mu\text{M}$ ; Gillespie and Beavo, *J. Biol. Chem.*, **1988**, 263 (17): 8133-8141) und PDE11A ( $K_m = 0.52 \mu\text{M}$ ; Fawcett et al., *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **2000**, 97 (7): 3702-3707) schon bei niedrigen physiologischen Konzentrationen aktiv. Im Gegensatz zu PDE2A (Murashima et al., *Biochemistry*, **1990**, 29: 5285-5292) wird die katalytische Aktivität von PDE9A nicht durch cGMP gesteigert, da es keine GAF-Domäne (cGMP-Bindedomäne, über die die PDE-Aktivität allosterisch gesteigert wird) aufweist (Beavo et al., *Current Opinion in Cell Biology*, **2000**, 12: 174-179). PDE9A-Inhibitoren führen deshalb zu einer Erhöhung der basalen cGMP-Konzentration. Diese Erhöhung der basalen cGMP-Konzentration führte überraschenderweise zu einer Verbesserung der Lern- und Gedächtnisleistung im Social Recognition Test.

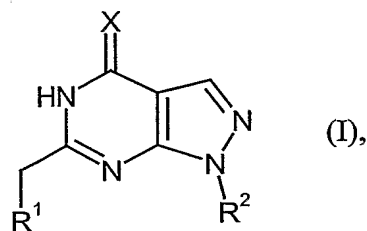
Die WO 98/40384 offenbart Pyrazolopyrimidine, die sich als PDE1-, 2- und 5-Inhibitoren auszeichnen und für die Behandlung von kardiovaskulären, cerebrovasculären Erkrankungen sowie Erkrankungen des Urogenitalbereiches eingesetzt werden können.

In CH 396 924, CH 396 925, CH 396 926, CH 396 927, DE 1 147 234, DE 1 149 013, GB 937,726 werden Pyrazolopyrimidine mit coronarerweiternder Wirkung beschrieben, die zur Behandlung von Durchblutungsstörungen des Herzmuskels eingesetzt werden können.

Im US 3,732,225 werden Pyrazolopyrimidine beschrieben, die eine entzündungshemmende und Blutzucker-senkende Wirkung haben.

In DE 2 408 906 werden Styrolpyrazolopyrimidine beschrieben, die als antimikrobielle und entzündungshemmende Mittel für die Behandlung von beispielsweise Ödem eingesetzt werden können.

5 Die vorliegende Erfindung betrifft Verbindungen der Formel



in welcher

10 R¹ Phenyl, welches mit 1 bis 5 Substituenten unabhängig voneinander ausgewählt aus der Gruppe Halogen, C₁-C₆-Alkyl, Trifluormethyl, Trifluormethoxy, Cyano, Hydroxy, Nitro und C₁-C₆-Alkoxy substituiert ist,

R² Pentan-3-yl, C₄-C₆-Cycloalkyl,

15

X Sauerstoff oder Schwefel,

bedeuten,

20

sowie deren Salze, Solvate und/oder Solvate der Salze.

Erfindungsgemäße Verbindungen sind die Verbindungen der Formel (I) und deren Salze, Solvate und Solvate der Salze; die von Formel (I) umfassten Verbindungen der nachfolgend genannten Formeln und deren Salze, Solvate und Solvate der Salze sowie die von Formel (I) umfassten, nachfolgend als Ausführungsbeispiele genannten Verbindungen und deren Salze, Solvate und Solvate der Salze, soweit es sich

25

bei den von Formel (I) umfassten, nachfolgend genannten Verbindungen nicht bereits um Salze, Solvate und Solvate der Salze handelt.

5 Die erfindungsgemäßen Verbindungen können in Abhängigkeit von ihrer Struktur in stereoisomeren Formen (Enantiomere, Diastereomere) existieren. Die Erfindung betrifft deshalb die Enantiomeren oder Diastereomeren und ihre jeweiligen Mischungen. Aus solchen Mischungen von Enantiomeren und/oder Diastereomeren lassen sich die stereoisomer einheitlichen Bestandteile in bekannter Weise isolieren.

10 Als Salze sind im Rahmen der Erfindung physiologisch unbedenkliche Salze der erfindungsgemäßen Verbindungen bevorzugt.

15 Physiologisch unbedenkliche Salze der Verbindungen (I) umfassen Säureadditionssalze von Mineralsäuren, Carbonsäuren und Sulfonsäuren, z.B. Salze der Chlorwasserstoffsäure, Bromwasserstoffsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Methansulfonsäure, Ethansulfonsäure, Toluolsulfonsäure, Benzolsulfonsäure, Naphthalindisulfonsäure, Essigsäure, Propionsäure, Milchsäure, Weinsäure, Äpfelsäure, Zitronensäure, Fumarsäure, Maleinsäure und Benzoesäure.

20 Physiologisch unbedenkliche Salze der Verbindungen (I) umfassen auch Salze üblicher Basen, wie beispielhaft und vorzugsweise Alkalimetallsalze (z.B. Natrium- und Kaliumsalze), Erdalkalisalze (z.B. Calcium- und Magnesiumsalze) und Ammoniumsalze, abgeleitet von Ammoniak oder organischen Aminen mit 1 bis 16 C-Atomen, wie beispielhaft und vorzugsweise Ethylamin, Diethylamin, Triethylamin, Ethyl-  
25 diisopropylamin, Monoethanolamin, Diethanolamin, Triethanolamin, Dicyclohexylamin, Dimethylaminoethanol, Prokain, Dibenzylamin, N-Methylmorpholin, Dehydroabietylamin, Arginin, Lysin, Ethylendiamin und Methylpiperidin.

30 Als Solvate werden im Rahmen der Erfindung solche Formen der Verbindungen bezeichnet, welche in festem oder flüssigem Zustand durch Koordination mit Lösungs-

mittelmolekülen einen Komplex bilden. Hydrate sind eine spezielle Form der Solvate, bei denen die Koordination mit Wasser erfolgt.

5 Außerdem umfasst die vorliegende Erfindung auch Prodrugs der erfindungsgemäßen Verbindungen. Der Begriff „Prodrugs“ umfaßt Verbindungen, welche selbst biologisch aktiv oder inaktiv sein können, jedoch während ihrer Verweilzeit im Körper zu erfindungsgemäßen Verbindungen umgesetzt werden (beispielsweise metabolisch oder hydrolytisch).

10 Im Rahmen der vorliegenden Erfindung haben die Substituenten, soweit nicht anders spezifiziert, die folgende Bedeutung:

C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>-Alkoxy steht für einen geradkettigen oder verzweigten Alkoxyrest mit 1 bis 6, bevorzugt 1 bis 4, besonders bevorzugt mit 1 bis 3 Kohlenstoffatomen. Bevorzugte Beispiele sind Methoxy, Ethoxy, n-Propoxy, Isopropoxy, tert.-Butoxy, n-Pentoxy und n-Hexoxy.

20 C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub>-Alkyl steht für einen geradkettigen oder verzweigten Alkylrest mit 1 bis 6, bevorzugt 1 bis 4, besonders bevorzugt 1 bis 3 Kohlenstoffatomen. Bevorzugte Beispiele sind Methyl, Ethyl, n-Propyl, Isopropyl, tert.-Butyl, n-Pentyl und n-Hexyl.

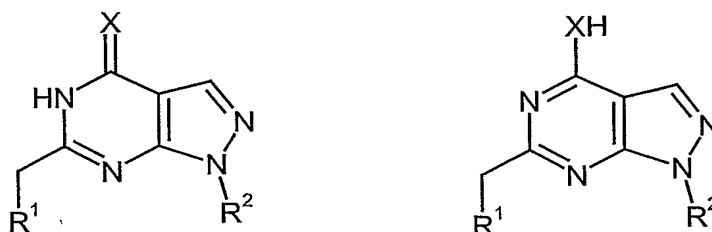
C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub>- und C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>-Cycloalkyl stehen für gesättigte oder teilweise ungesättigte Cycloalkylreste mit 4 bis 6, bevorzugt 5 bis 6 Kohlenstoffatomen. Bevorzugte Beispiele sind Cyclobutyl, Cyclopentyl und Cyclohexyl.

25 Halogen steht für Fluor, Chlor, Brom und Iod. Bevorzugt sind Fluor, Chlor, Brom, besonders bevorzugt Fluor und Chlor.

30 Wenn Reste in den erfindungsgemäßen Verbindungen gegebenenfalls substituiert sind, ist, soweit nicht anders spezifiziert, eine Substitution mit bis zu drei gleichen oder verschiedenen Substituenten bevorzugt.

Die erfindungsgemäßen Verbindungen können auch als Tautomere vorliegen, wie im Folgenden beispielhaft gezeigt wird:

5



Eine weitere Ausführungsform der Erfindung betrifft Verbindungen der Formel (I), in welcher

10  $R^1$  Phenyl, welches mit 1 bis 3 Substituenten unabhängig voneinander ausgewählt aus der Gruppe Fluor, Chlor, Brom,  $C_1$ - $C_4$ -Alkyl, Trifluormethyl, Trifluormethoxy, Cyano, Hydroxy, Nitro und  $C_1$ - $C_4$ -Alkoxy substituiert ist,

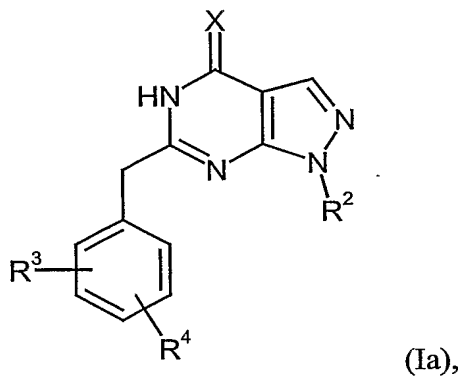
15  $R^2$  Pentan-3-yl,  $C_5$ - $C_6$ -Cycloalkyl,

X Sauerstoff oder Schwefel,

bedeuten, sowie deren Salze, Solvate und/oder Solvate der Salze.

20 Eine weitere Ausführungsform der Erfindung betrifft Verbindungen der Formel





in welcher

R<sup>3</sup>     Wasserstoff oder Chlor,

5

R<sup>4</sup>     Fluor, Chlor, Brom, Methyl, Trifluormethyl,

R<sup>2</sup>     Pentan-3-yl, Cyclopentyl,

10

X     Sauerstoff oder Schwefel,

bedeuten, sowie deren Salze, Solvate und/oder Solvate der Salze.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung betrifft Verbindungen der Formeln (I)  
und (Ia),

15

in welcher

R<sup>3</sup>     Wasserstoff oder Chlor,

20

R<sup>4</sup>     Fluor, Chlor, Brom, Methyl, Trifluormethyl,

R<sup>2</sup>     Pentan-3-yl, Cyclopentyl,

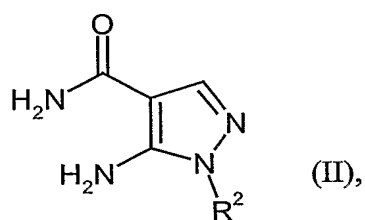
25

X     Sauerstoff,

bedeuten, sowie deren Salze, Solvate und/oder Solvate der Salze.

Außerdem wurde ein Verfahren zur Herstellung der erfindungsgemäßen Verbindun-  
5 gen gefunden, dadurch gekennzeichnet, dass man entweder

[A] Verbindungen der Formel



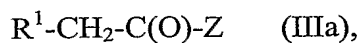
10

in welcher

$R^2$  die oben angegebenen Bedeutungen hat,

15

durch Umsetzung mit einer Verbindung der Formel



in welcher

20

$R^1$  die oben angegebenen Bedeutungen hat

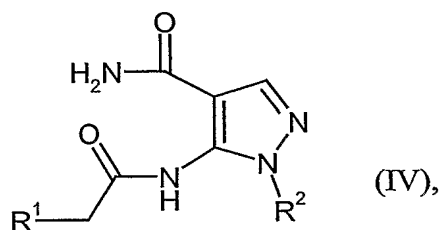
und

25

Z für Chlor oder Brom steht,

- 10 -

in einem inerten Lösemittel und in Anwesenheit einer Base zunächst in Verbindungen der Formel



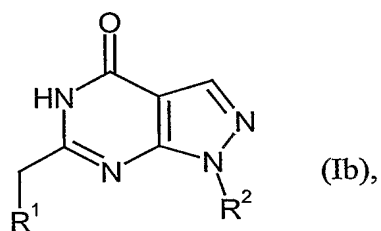
5

in welcher

R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> die oben angegebenen Bedeutungen haben,

10

überführt, dann in einem inerten Lösemittel in Gegenwart einer Base zu Verbindungen der Formel



15

in welcher

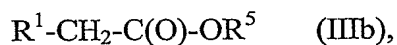
R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> die oben angegebenen Bedeutungen haben,

cyclisiert,

20

oder

[B] Verbindungen der Formel (II) unter direkter Cyclisierung zu (Ib) mit einer Verbindung der Formel



5

in welcher

$R^1$  die oben angegebenen Bedeutungen hat

10

und

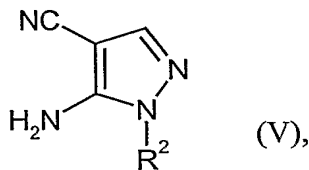
$R^5$  für Methyl oder Ethyl steht,

in einem inerten Lösemittel und in Anwesenheit einer Base umgesetzt,

15

oder

[C] Verbindungen der Formel



20

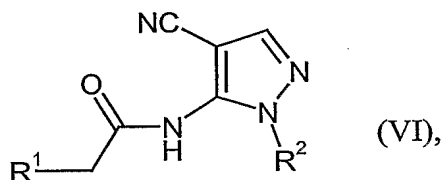
in welcher

$R^2$  die oben angegebenen Bedeutungen hat,

25

zunächst durch Umsetzung mit einer Verbindung der Formel (IIIa) in einem inerten Lösemittel und in Anwesenheit einer Base in Verbindungen der Formel

- 12 -



in welcher

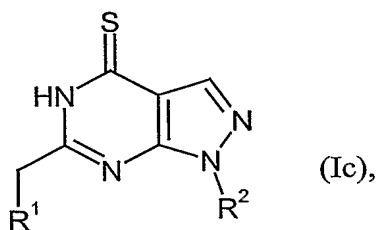
5         $R^1$  und  $R^2$  die oben angegebenen Bedeutungen haben,

überführt,

10        und diese in einem zweiten Schritt in einem inerten Lösemittel und in Anwesenheit einer Base und eines Oxidationsmittels zu (Ib) cyclisiert,

und die Verbindungen der Formel (Ib) gegebenenfalls dann durch Umsetzung mit einem Schwefelungsmittel wie beispielsweise Diphosphorpentasulfid in die Thionoderivate der Formel

15



in welcher

20         $R^1$  und  $R^2$  die oben angegebenen Bedeutungen haben,

überführt,

und die resultierenden Verbindungen der Formel (I) gegebenenfalls mit den entsprechenden (i) Lösungsmitteln und/oder (ii) Basen oder Säuren zu ihren Solvaten, Salzen und/oder Solvaten der Salze umgesetzt.

5 Für den ersten Schritt des Verfahrens [A] und des Verfahrens [C] eignen sich inerte organische Lösemittel, die sich unter den Reaktionsbedingungen nicht verändern. Hierzu gehören bevorzugt Ether wie beispielsweise Diethylether, Dioxan, Tetrahydrofuran oder Glykoldimethylether, oder Toluol oder Pyridin. Ebenso ist es möglich, Gemische der genannten Lösemittel einzusetzen. Besonders bevorzugt sind  
10 Tetrahydrofuran, Toluol oder Pyridin.

Als Basen eignen sich im allgemeinen Alkalihydride, wie beispielsweise Natriumhydrid, oder cyclische Amine, wie beispielsweise Piperidin, Pyridin, Dimethylaminopyridin (DMAP), oder C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>-Alkylamine, wie beispielsweise Triethylamin. Bevorzugt sind Natriumhydrid, Pyridin und/oder Dimethylaminopyridin.  
15

Die Base wird im allgemeinen in einer Menge von 1 mol bis 4 mol, bevorzugt von 1.2 mol bis 3 mol, jeweils bezogen auf 1 mol der Verbindungen der Formel (II) bzw. (V), eingesetzt.  
20

In einer Variante wird die Umsetzung in Pyridin, dem eine katalytische Menge DMAP zugesetzt wird, durchgeführt. Gegebenenfalls kann noch Toluol zugefügt werden.

25 Die Reaktionstemperatur kann im allgemeinen in einem größeren Bereich variiert werden. Im allgemeinen arbeitet man in einem Bereich von -20°C bis +200°C, bevorzugt von 0°C bis +100°C.

Als Lösemittel für die Cyclisierung im zweiten Schritt der Verfahren [A] und [C]  
30 eignen sich die üblichen organischen Lösemittel. Hierzu gehören bevorzugt Alkohole wie Methanol, Ethanol, Propanol, Isopropanol, n-Butanol oder tert.-Butanol, oder

Ether wie Tetrahydrofuran oder Dioxan, oder Dimethylformamid oder Dimethylsulfoxid. Besonders bevorzugt werden Alkohole wie Methanol, Ethanol, Propanol, Isopropanol oder tert.-Butanol verwendet. Ebenso ist es möglich, Gemische der genannten Lösemittel einzusetzen.

5

Als Basen für die Cyclisierung im zweiten Schritt der Verfahren [A] und [C] eignen sich die üblichen anorganischen Basen. Hierzu gehören bevorzugt Alkalihydroxide oder Erdalkalihydroxide wie beispielsweise Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid oder Bariumhydroxid, oder Alkalicarbonat wie Natrium- oder Kaliumcarbonat oder Natriumhydrogencarbonat, oder Alkalialkoholate wie Natriummethanolat, Natriumethanolat, Kaliummethanolat, Kaliumethanolat oder Kalium-tert.-butanolat. Besonders bevorzugt sind Kaliumcarbonat, Natriumhydroxid und Kalium-tert.-butanolat.

10

15

Bei der Durchführung der Cyclisierung wird die Base im allgemeinen in einer Menge von 2 mol bis 6 mol, bevorzugt von 3 mol bis 5 mol, jeweils bezogen auf 1 mol der Verbindungen der Formel (IV) bzw. (VI), eingesetzt.

20

Als Oxidationsmittel für die Cyclisierung im zweiten Schritt des Verfahrens [C] eignen sich beispielsweise Wasserstoffperoxid oder Natriumborat. Bevorzugt ist Wasserstoffperoxid.

25

Die Cyclisierung in den Verfahren [A], [B] und [C] wird im allgemeinen in einem Temperaturbereich von 0°C bis +160°C, bevorzugt bei der Siedetemperatur des jeweiligen Lösemittels durchgeführt.

Die Cyclisierung wird im allgemeinen bei Normaldruck durchgeführt. Es ist aber auch möglich, das Verfahren bei Überdruck oder bei Unterdruck durchzuführen (z.B. in einem Bereich von 0.5 bis 5 bar).

30

Als Lösemittel für das Verfahren [B] eignen sich die oben für den zweiten Schritt der Verfahren [A] und [C] aufgeführten Alkohole, wobei Ethanol bevorzugt ist.

5 Als Basen für das Verfahren [B] eignen sich Alkalihydride, wie beispielsweise Natrium- oder Kaliumhydrid, oder Alkalialkoholate, wie beispielsweise Natrium-methanolat, -ethanolat, -isopropylat oder Kalium-tert.-butylat. Bevorzugt ist Natriumhydrid.

10 Die Base wird in einer Menge von 2 mol bis 8 mol, bevorzugt von 3 mol bis 6 mol, jeweils bezogen auf 1 mol der Verbindungen der Formel (II), eingesetzt.

Die Verbindungen der Formel (II) sind bekannt oder können beispielsweise hergestellt werden, indem man zunächst Ethoxymethylenmalonsäuredinitril mit Hydrazin-Derivaten der Formel

15



in welcher

20  $R^2$  die oben angegebenen Bedeutungen hat,

in einem inerten Lösemittel zu den Pyrazolnitrilen der Formel (V) kondensiert und diese dann mit einem der oben aufgeführten Oxidationsmittel, vorzugsweise Wasserstoffperoxid, in Anwesenheit von Ammoniak umgesetzt [vgl. z.B. A. Miyashita et al., Heterocycles 1990, 31, 1309ff].

25

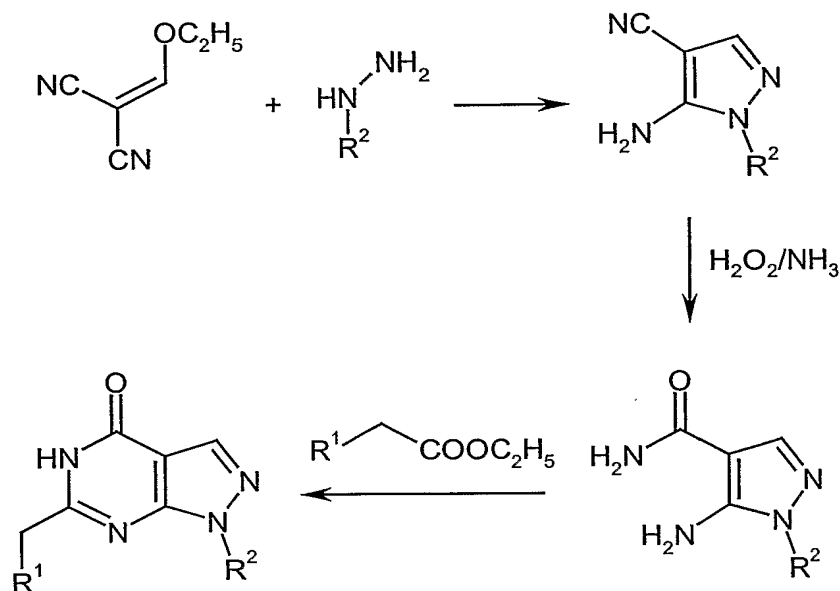
Die Verbindungen der Formeln (IIIa), (IIIb) und (VII) sind kommerziell erhältlich, literaturbekannt oder können in Analogie zu literaturbekannten Verfahren hergestellt werden.

30



Das erfindungsgemäße Verfahren kann durch das folgendes Formelschema beispielhaft erläutert werden:

**Schema**



5

Weitere Verfahren zur Herstellung von Pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-onen sind bekannt und können ebenfalls zur Synthese der erfindungsgemäßen Verbindungen eingesetzt werden (siehe zum Beispiel: P. Schmidt et al., *Helvetica Chimica Acta* **1962**, 189, 1620ff.).

10

Die erfindungsgemäßen Verbindungen zeigen ein nicht vorhersehbares, wertvolles pharmakologisches und pharmakokinetisches Wirkspektrum.

15

Sie eignen sich daher zur Verwendung als Arzneimittel zur Behandlung und/oder Prophylaxe von Krankheiten bei Menschen und Tieren.

Der Begriff „Behandlung“ im Rahmen der vorliegenden Erfindung schließt die Prophylaxe ein.

20

Überraschenderweise wurde gefunden, dass selektive PDE9A-Inhibitoren zur Herstellung von Arzneimitteln zur Verbesserung der Wahrnehmung, Konzentrationsleistung, Lernleistung oder Gedächtnisleistung geeignet sind.

5 Die erfindungsgemäßen Verbindungen können aufgrund ihrer pharmakologischen Eigenschaften allein oder in Kombination mit anderen Arzneimitteln zur Verbesserung von Wahrnehmung, Konzentrationsleistung, Lern- und/oder Gedächtnisleistung eingesetzt werden.

10 Ein PDE9A-Inhibitor im Sinne der Erfindung ist eine Verbindung, die humane PDE9A unter den unten angegebenen Bedingungen mit einem  $IC_{50}$ -Wert von weniger als 10  $\mu M$ , bevorzugt weniger als 1  $\mu M$  hemmt.

15 Ein selektiver PDE9A-Inhibitor im Sinne der Erfindung ist eine Verbindung, die humane PDE9A unter den unten angegebenen Bedingungen stärker hemmt als die humanen PDE1C, PDE2A, PDE3B, PDE4B, PDE5A, PDE7B, PDE8A, PDE10A und PDE11. Bevorzugt ist ein Verhältnis von  $IC_{50}$  (PDE9A) /  $IC_{50}$  (PDE1C, PDE2A, PDE3B, PDE4B, PDE5A, PDE7B und PDE10A) kleiner als 0.2.

20 Besonders eignen sich die selektiven PDE9A-Inhibitoren zur Verbesserung der Wahrnehmung, Konzentrationsleistung, Lernleistung, oder Gedächtnisleistung nach Kognitiven Störungen, wie sie insbesondere bei Situationen/Krankheiten/Syndromen auftreten wie „Mild cognitive impairment“, Altersassoziierte Lern- und Gedächtnisstörungen, Altersassoziierte Gedächtnisverluste, Vaskuläre Demenz, Schädel-Hirn-  
25 Trauma, Schlaganfall, Demenz, die nach Schlaganfällen auftritt („post stroke dementia“), post-traumatische Demenz, allgemeine Konzentrationsstörungen, Konzentrationsstörungen in Kindern mit Lern- und Gedächtnisproblemen, Alzheimer'sche Krankheit, Demenz mit Lewy-Körperchen, Demenz mit Degeneration der Frontallappen einschließlich des Pick's Syndroms, Parkinson'sche Krankheit, Progressive nuclear palsy, Demenz mit corticobasaler Degeneration, Amyotrophe Lateralsklerose (ALS), Huntingtonsche Krankheit, Multiple Sklerose, Thalamische Degene-  
30

ration, Creutzfeld-Jacob-Demenz, HIV-Demenz, Schizophrenie mit Demenz oder Korsakoff-Psychose.

Die *in vitro*-Wirkung der erfindungsgemäßen Verbindungen kann mit folgenden biologischen Assays gezeigt werden:

#### **PDE-Inhibition**

Rekombinante PDE1C (GenBank/EMBL Accession Number: NM\_005020, Loughney et al. *J. Biol. Chem.* **1996** 271, 796-806), PDE2A (GenBank/EMBL Accession Number: NM\_002599, Rosman et al. *Gene* **1997** 191, 89-95), PDE3B (GenBank/EMBL Accession Number: NM\_000922, Miki et al. *Genomics* **1996**, 36, 476-485), PDE4B (GenBank/EMBL Accession Number: NM\_002600, Obernolte et al. *Gene*. **1993**, 129, 239-247), PDE5A (GenBank/EMBL Accession Number: NM\_001083, Loughney et al. *Gene* **1998**, 216, 139-147), PDE7B (GenBank/EMBL Accession Number: NM\_018945, Hetman et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* **2000**, 97, 472-476), PDE8A (GenBank/EMBL Accession Number: AF\_056490, Fisher et al. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **1998** 246, 570-577), PDE9A (Fisher et al., *J. Biol. Chem.*, 1998, 273 (25): 15559-15564), PDE10A (GenBank/EMBL Accession Number: NM\_06661, Fujishige et al. *J Biol Chem.* **1999**, 274, 18438-45.), PDE11A (GenBank/EMBL Accession Number: NM\_016953, Fawcett et al. *Proc. Natl. Acad. Sci.* **2000**, 97, 3702-3707) wurden mit Hilfe des pFASTBAC Baculovirus Expressionssystem (GibcoBRL) in Sf9-Zellen exprimiert.

Die Testsubstanzen werden zur Bestimmung ihrer *in vitro* Wirkung an PDE 9A in 100 % DMSO aufgelöst und seriell verdünnt. Typischerweise werden Verdünnungsreihen von 200 µM bis 1.6 µM hergestellt (resultierende Endkonzentrationen im Test: 4 µM bis 0.032 µM). Jeweils 2 µL der verdünnten Substanzlösungen werden in die Vertiefungen von Mikrotiterplatten (Isoplate; Wallac Inc., Atlanta, GA) vorgelegt. Anschließend werden 50 µL einer Verdünnung des oben beschriebenen PDE9A-Präparates hinzugefügt. Die Verdünnung des PDE9A-Präparates wird so gewählt, dass während der späteren Inkubation weniger als 70 % des Substrates um-

gesetzt wird (typische Verdünnung: 1: 10000; Verdünnungspuffer: 50 mM Tris/HCl pH 7.5, 8.3 mM MgCl<sub>2</sub>, 1.7 mM EDTA, 0.2% BSA). Das Substrat, [8-<sup>3</sup>H] guanosine 3',5'-cyclic phosphate (1 µCi/µL; Amersham Pharmacia Biotech., Piscataway, NJ) wird 1:2000 mit Assaypuffer (50 mM Tris/HCl pH 7.5, 8.3 mM MgCl<sub>2</sub>, 1.7 mM EDTA) auf eine Konzentration von 0.0005 µCi/µL verdünnt. Durch Zugabe von 50 µL (0.025 µCi) des verdünnten Substrates wird die Enzymreaktion schließlich gestartet. Die Testansätze werden für 60 min bei Raumtemperatur inkubiert und die Reaktion durch Zugabe von 25 µl eines in Assaypuffer gelösten PDE9A-Inhibitors (z.B. der Inhibitor aus Herstellbeispiel 1, 10 µM Endkonzentration) gestoppt. Direkt im Anschluß werden 25 µL einer Suspension mit 18 mg/mL Yttrium Scintillation Proximity Beads (Amersham Pharmacia Biotech., Piscataway, NJ) hinzugefügt. Die Mikrotiterplatten werden mit einer Folie versiegelt und für 60 min bei Raumtemperatur stehengelassen. Anschließend werden die Platten für 30 s pro Vertiefung in einem Microbeta Szintillationzähler (Wallac Inc., Atlanta, GA) vermessen. IC<sub>50</sub>-Werte werden anhand der graphischen Auftragung der Substanzkonzentration gegen die prozentuale Inhibition bestimmt.

Die *in vitro* Wirkung von Testsubstanzen an rekombinanter PDE3B, PDE4B, PDE7B, PDE8A, PDE10A und PDE11A wird nach dem oben für PDE 9A beschriebenen Testprotokoll mit folgenden Anpassungen bestimmt: Als Substrat wird [5',8-<sup>3</sup>H] adenosine 3',5'-cyclic phosphate (1 µCi/µL; Amersham Pharmacia Biotech., Piscataway, NJ) verwendet. Die Zugabe einer Inhibitorlösung zum Stoppen der Reaktion ist nicht notwendig. Stattdessen wird in Anschluß an die Inkubation von Substrat und PDE direkt mit der Zugabe der Yttrium Scintillation Proximity Beads wie oben beschrieben fortgefahren und dadurch die Reaktion gestoppt. Für die Bestimmung einer entsprechenden Wirkung an rekombinanter PDE1C, PDE2A und PDE5A wird das Protokoll zusätzlich wie folgt angepaßt: Bei PDE1C werden zusätzlich Calmodulin 10<sup>-7</sup> M und CaCl<sub>2</sub> 3 mM zum Reaktionsansatz gegeben. PDE2A wird im Test durch Zugabe von cGMP 1 µM stimuliert und mit einer BSA-Konzentration von 0.01 % getestet. Für PDE1C und PDE2A wird als Substrat [5',8-<sup>3</sup>H] adenosine 3',5'-cyclic phosphate (1 µCi/µL; Amersham Pharmacia Biotech., Piscataway, NJ), für

PDE5A [ $8\text{-}^3\text{H}$ ] guanosine 3',5'-cyclic phosphate ( $1\text{ }\mu\text{Ci}/\mu\text{L}$ ; Amersham Pharmacia Biotech., Piscataway, NJ) eingesetzt.

5 Die PDE9A-inhibierende Wirkung der erfindungsgemäßen Verbindungen kann anhand der folgenden Beispiele gezeigt werden:

**Tabelle 1:**

Beispiel	IC <sub>50</sub> [nM]
1	20
2	30
4	30
10	64
13	30

10 **Erhöhung der intrazellulären neuronalen cGMP-Konzentration in Zellkulturen**

PDE9A-Inhibitoren erhöhen die intrazelluläre neuronale cGMP in kultivierten primären kortikalen Neuronen.

15 Rattenembryonen (Embryonaltag E17 - E19) wurden dekapitiert, die Köpfe in mit Präparationsmedium (DMEM, Penicillin/Streptomycin; beides von Gibco) gefüllte Präparationsschalen überführt. Die Kopfhaut und Schädeldecke wurde entfernt, und die freipräparierten Gehirne wurden in eine weitere Petrischale mit Präparationsmedium überführt. Mithilfe eines Binokulars und zweier Pinzetten wurde das Großhirn  
20 (Kortex) isoliert und mit Eis auf 4°C gekühlt. Diese Präparation und die Vereinzelung der kortikalen Neuronen wurden dann nach einem Standardprotokoll mit dem Papain-Kit (Worthington Biochemical Corporation, Lakewood, New Jersey 08701, USA) durchgeführt (Huettnner et al. *J. Neurosci.* **1986**, 6, 3044-3060). Die mechanisch vereinzelter kortikalen Neurone wurden zu 150.000 Zellen/Loch in 200  $\mu\text{l}$   
25 Neurobasalmedium/Loch (Neurobasal; B27 Supplement; 2 mM L-Glutamin; in An-

wesenheit von Penicillin/Streptomycin; alle Agenzien von Gibco) 7 Tage in 96 Lochplatten (mit Poly-D-Lysin 100 µg/ml für 30 min vorbehandelt) unter Standard-Bedingungen kultiviert (37°C, 5 % CO<sub>2</sub>). Nach 7 Tagen wurde das Medium abgenommen und die Zellen mit HBSS-Puffer (Hank's balanced salt solution, Gibco/BRL) gewaschen. Anschließend werden 100 µl erfindungsgemäße Verbindung in HBSS-Puffer gelöst (zuvor in 100 % DMSO gelöst: 10 mM) auf die Zellen gegeben. Anschließend werden nochmals 100 µl HBSS-Puffer zugegeben, sodass die Endkonzentration der erfindungsgemäßen Verbindungen beispielsweise in einem Bereich von 20 nM bis 10 µM liegt, und bei 37°C für 20 min inkubiert. Der Testpuffer wird danach komplett abgenommen. Anschließend werden die Zellen in 200 µl Lysispuffer (cGMP Kit code RPN 226; von Amersham Pharmacia Biotech.) lysiert und die cGMP-Konzentration nach den Angaben des Herstellers gemessen. Alle Messungen werden in Triplikaten durchgeführt. Die statistische Auswertung erfolgt mit Prism Software Version 2.0 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA USA).

15

Inkubation der primären Neuronen mit den erfindungsgemäßen Verbindungen führte zu einer Steigerung des cGMP-Gehaltes.

### **Langzeitpotenzierung**

Langzeitpotenzierung wird als ein zelluläres Korrelat für Lern- und Gedächtnisvorgänge angesehen. Zur Bestimmung, ob PDE9-Inhibition einen Einfluß auf Langzeitpotenzierung hat, kann folgende Methode angewandt werden:

Rattenhippokampi werden in einen Winkel von etwa 70 Grad im Verhältnis zur Schnittklinge plazierte (Chopper). In Abständen von 400 µm wird der Hippokampus zerschnitten. Die Schnitte werden mit Hilfe eines sehr weichen, stark benetzten Pinsels (Marderhaar) von der Klinge genommen und in ein Glasgefäß mit carbogenisierter gekühlter Nährlösung (124 mM NaCl, 4.9 mM KCl, 1.3 mM MgSO<sub>4</sub> x 7 H<sub>2</sub>O, 2.5 mM CaCl<sub>2</sub> wasserfrei, 1.2 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 25.6 mM NaHCO<sub>3</sub>, 10 mM Glucose, pH 7.4) überführt. Während der Messung befinden sich die Schnitte in einer temperierten Kammer unter einem Flüssigkeitsspiegel von 1-3 mm Höhe. Die Durch-

flußrate beträgt 2.5 ml/min. Die Vorbegasung erfolgt unter geringen Überdruck (etwa 1 atm) sowie über eine Mikrokanüle in der Vorkammer. Die Schnittkammer ist mit der Vorkammer so verbunden, dass eine Minizirkulation aufrechterhalten werden kann. Als Antrieb der Minizirkulation wird das durch die Mikrokanüle ausströmende  
5 Carbogen eingesetzt. Die frisch präparierten Hippokampusschnitte werden mindestens 1 Stunde bei 33°C in der Schnittkammer adaptiert.

Die Reizstärke wird so gewählt, dass die fokalen exzitatorischen postsynaptischen Potentiale (fEPSP) 30 % des maximalen exzitatorischen postsynaptischen Potentials  
10 (EPSP) betragen. Mit Hilfe einer monopolaren Stimulationselektrode, die aus lackiertem Edelstahl besteht, und eines stromkonstanten, biphasischen Reizgenerators (AM-Systems 2100) werden lokal die Schaffer-Kollateralen erregt (Spannung: 1-5 V, Impulsbreite einer Polarität 0.1 ms, Gesamtimpuls 0.2 ms). Mit Hilfe von Glaselektroden (Borosilikatglas mit Filament, 1-5 MOhm, Durchmesser: 1.5 mm,  
15 Spitzendurchmesser: 3-20 µm), die mit normaler Nährlösung gefüllt sind, werden aus dem Stratum radiatum die exzitatorischen postsynaptischen Potentiale (fEPSP) registriert. Die Messung der Feldpotentiale geschieht gegenüber einer chlorierten Referenzelektrode aus Silber, die sich am Rande der Schnittkammer befindet, mit Hilfe eines Gleichspannungsverstärkers. Das Filtern der Feldpotentiale erfolgt über einen  
20 Low-Pass Filter (5 kHz). Für die statistische Analyse der Experimente wird der Anstieg (slope) der fEPSPs (fEPSP-Anstieg) ermittelt. Die Aufnahme, Analyse und Steuerung des Experimentes erfolgt mit Hilfe eines Softwareprogrammes (PWIN), welches in der Abteilung Neurophysiologie entwickelt worden ist. Die Mittelwertbildung der fEPSP-Anstiegswerte zu den jeweiligen Zeitpunkten und die Konstruktion der Diagramme erfolgt mit Hilfe der Software EXCEL, wobei ein entsprechendes Makro die Aufnahme der Daten automatisiert.  
25

Superfusion der Hippokampusschnitte mit einer 10 µM Lösung der erfindungsgemäßen Verbindungen führt zu einer signifikanten Steigerung der LTP.

30

#### **Sozialer Wiedererkennungstest:**

Der Soziale Wiedererkennungstest ist ein Lern- und Gedächtnistest. Er misst die Fähigkeit von Ratten, zwischen bekannten und unbekannten Artgenossen zu unterscheiden. Deshalb eignet sich dieser Test zur Prüfung der lern- oder gedächtnisverbessernden Wirkung der erfindungsgemäßen Verbindungen.

5

Adulte Ratten, die in Gruppen gehalten werden, werden 30 min vor Testbeginn einzeln in Testkäfige gesetzt. Vier min vor Testbeginn wird das Testtier in eine Beobachtungsbox gebracht. Nach dieser Adaptationszeit wird ein juveniles Tier zu dem Testtier gesetzt und 2 min lang die absolute Zeit gemessen, die das adulte Tier das  
10 Jungtier inspiziert (Trial 1). Gemessen werden alle deutlich auf das Jungtier gerichteten Verhaltensweisen, d.h. ano-genitale Inspektion, Verfolgen sowie Fellpflege, bei denen das Alttier einen Abstand von höchstens 1 cm zu dem Jungtier hatte. Danach wird das Juvenile herausgenommen, das Adulte mit einer erfindungsgemäßen Verbindung oder Vehikel behandelt und anschließend in seinen Heimkäfig zurückge-  
15 setzt. Nach einer Retentionszeit von 24 Stunden wird der Test wiederholt (Trial 2). Eine verringerte Soziale Interaktionszeit im Vergleich zu Trial 1 zeigt an, daß die adulte Ratte sich an das Jungtier erinnert.

Die adulten Tiere werden direkt im Anschluß an Trial 1 entweder mit Vehikel (10 %  
20 Ethanol, 20 % Solutol, 70 % physiologische Kochsalzlösung) oder 0.1 mg/kg, 0.3 mg/kg, 1.0 mg/kg bzw. 3.0 mg/kg erfindungsgemäßer Verbindung, gelöst in 10 % Ethanol, 20 % Solutol, 70 % physiologische Kochsalzlösung intraperitoneal injiziert. Vehikel behandelte Ratten zeigen keine Reduktion der sozialen Interaktionszeit in Trial 2 verglichen mit Trial 1. Sie haben folglich vergessen, dass sie schon  
25 einmal Kontakt mit dem Jungtier hatten. Überraschenderweise ist die soziale Interaktionszeit im zweiten Durchgang nach Behandlung mit den erfindungsgemäßen Verbindungen signifikant gegenüber den Vehikel behandelten reduziert. Dies bedeutet, daß die substanzbehandelten Ratten sich an das juvenile Tier erinnert haben und somit die erfindungsgemäßen Verbindungen eine verbessernde Wirkung auf  
30 Lernen und Gedächtnis aufweist.



Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Behandlung und/oder Prophylaxe von Erkrankungen, insbesondere der zuvor genannten Erkrankungen, unter Verwendung einer wirksamen Menge der erfindungsgemäßen Verbindungen.

5

Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind Arzneimittel, enthaltend mindestens eine erfindungsgemäße Verbindung und mindestens einen oder mehrere weitere Wirkstoffe, insbesondere zur Behandlung und/oder Prophylaxe der zuvor genannten Erkrankungen.

10

Die erfindungsgemäßen Verbindungen können systemisch und/oder lokal wirken. Zu diesem Zweck können sie auf geeignete Weise appliziert werden, wie z.B. oral, parenteral, pulmonal, nasal, sublingual, lingual, buccal, rectal, dermal, transdermal, conjunctival, otisch oder als Implantat bzw. Stent.

15

Für diese Applikationswege können die erfindungsgemäßen Verbindungen in geeigneten Applikationsformen verabreicht werden.

20

Für die orale Applikation eignen sich nach dem Stand der Technik funktionierende schnell und/oder modifiziert die erfindungsgemäßen Verbindungen abgebende Applikationsformen, die die erfindungsgemäßen Verbindungen in kristalliner und/oder amorphisierter und/oder gelöster Form enthalten, wie z.B. Tabletten (nicht-überzogene oder überzogene Tabletten, beispielsweise mit magensaftresistenten oder sich verzögert auflösenden oder unlöslichen Überzügen, die die Freisetzung der erfindungsgemäßen Verbindung kontrollieren), in der Mundhöhle schnell zerfallende Tabletten oder Filme/Oblaten, Filme/Lyophilisate, Kapseln (beispielsweise Hart- oder Weichgelatinekapseln), Dragees, Granulate, Pellets, Pulver, Emulsionen, Suspensionen, Aerosole oder Lösungen.

25

30

Die parenterale Applikation kann unter Umgehung eines Resorptionsschrittes geschehen (z.B. intravenös, intraarteriell, intrakardial, intraspinal oder intralumbal)

oder unter Einschaltung einer Resorption (z.B. intramuskulär, subcutan, intracutan, percutan oder intraperitoneal). Für die parenterale Applikation eignen sich als Applikationsformen u.a. Injektions- und Infusionszubereitungen in Form von Lösungen, Suspensionen, Emulsionen, Lyophilisaten oder sterilen Pulvern.

5

Für die sonstigen Applikationswege eignen sich z.B. Inhalationsarzneiformen (u.a. Pulverinhalatoren, Nebulizer), Nasentropfen, -lösungen, -sprays; lingual, sublingual oder buccal zu applizierende Tabletten, Filme/Oblaten oder Kapseln, Suppositorien, Ohren- oder Augenpräparationen, Vaginalkapseln, wäßrige Suspensionen (Lotionen, Schüttelmixturen), lipophile Suspensionen, Salben, Cremes, transdermale therapeutische Systeme (wie beispielsweise Pflaster), Milch, Pasten, Schäume, Streupuder, Implantate oder Stents.

10

Die erfindungsgemäßen Verbindungen können in die angeführten Applikationsformen überführt werden. Dies kann in an sich bekannter Weise durch Mischen mit inerten, nichttoxischen, pharmazeutisch geeigneten Hilfsstoffen geschehen. Zu diesen Hilfsstoffen zählen u.a. Trägerstoffe (beispielsweise mikrokristalline Cellulose, Laktose, Mannitol), Lösungsmittel (z.B. flüssige Polyethylenglycole), Emulgatoren und Dispergier- oder Netzmittel (beispielsweise Natriumdodecylsulfat, Polyoxyorbitanoleat), Bindemittel (beispielsweise Polyvinylpyrrolidon), synthetische und natürliche Polymere (beispielsweise Albumin), Stabilisatoren (z.B. Antioxidantien wie beispielsweise Ascorbinsäure), Farbstoffe (z.B. anorganische Pigmente wie beispielsweise Eisenoxide) und Geschmacks- und / oder Geruchskorrigentien.

15

20

25

Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind Arzneimittel, die mindestens eine erfindungsgemäße Verbindung, üblicherweise zusammen mit einem oder mehreren inerten, nichttoxischen, pharmazeutisch geeigneten Hilfsstoffen enthalten, sowie deren Verwendung zu den zuvor genannten Zwecken.

30

Im allgemeinen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, bei parenteraler Applikation pro Tag Mengen von etwa 0.001 bis 10 mg/kg Körpergewicht zur Erzielung wirksamer Ergebnisse zu verabreichen. Bei oraler Applikation beträgt die Menge pro Tag etwa 0.005 bis 3 mg/kg Körpergewicht.

5

Trotzdem kann es gegebenenfalls erforderlich sein, von den genannten Mengen abzuweichen, und zwar in Abhängigkeit von Körpergewicht, Applikationsweg, individuellem Verhalten gegenüber dem Wirkstoff, Art der Zubereitung und Zeitpunkt bzw. Intervall, zu welchem die Applikation erfolgt. So kann es in einigen Fällen ausreichend sein, mit weniger als der vorgenannten Mindestmenge auszukommen, während in anderen Fällen die genannte obere Grenze überschritten werden muss. Im Falle der Applikation größerer Mengen kann es empfehlenswert sein, diese in mehreren Einzelgaben über den Tag zu verteilen.

10

15

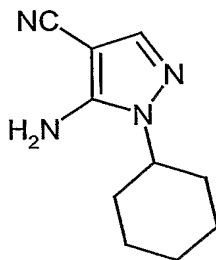
Die Prozentangaben in den folgenden Tests und Beispielen sind, sofern nicht anders angegeben, Gewichtsprozent; Teile sind Gewichtsteile. Lösungsmittelverhältnisse, Verdünnungsverhältnisse und Konzentrationsangaben von flüssig/flüssig-Lösungen beziehen sich jeweils auf das Volumen.

**Verwendete Abkürzungen:**

DCI	direkte chemische Ionisation (bei MS)
DCM	Dichlormethan
DMSO	Dimethylsulfoxid
d.Th.	der Theorie (bei Ausbeute)
equiv.	Äquivalent(e)
ESI	Elektrospray-Ionisation (bei MS)
HPLC	Hochdruck-, Hochleistungsflüssigchromatographie
MS	Massenspektroskopie
NMR	Kernresonanzspektroskopie
Smp.	Schmelzpunkt
TRIS	2-Amino-2-(hydroxymethyl)-1,3-propandiol

**Ausgangsverbindungen:****Beispiel 1A****5-Amino-1-cyclohexyl-1H-pyrazol-4-carbonitril**

5



10 Eine Lösung von Cyclohexylhydrazin-Hydrochlorid (3 g, 19.9 mmol) in 36 ml Ethanol wird bei Raumtemperatur zunächst mit Ethoxymethylenmalonsäuredinitril (2.43 g, 19.9 mmol) und anschließend mit 8 ml Triethylamin versetzt. Das Gemisch wird 20 min refluxiert und dann abgekühlt. Das Lösungsmittel wird am Rotationsverdampfer abgezogen und der Rückstand in DCM aufgenommen, mit wässriger Natriumhydrogencarbonat-Lösung gewaschen, über Natriumsulfat getrocknet, filtriert und im Vakuum eingeeengt. Das Rohprodukt wird an Kieselgel chromatographiert (Laufmittel: Dichlormethan/Methanol 0-10 %).

15

Ausbeute: 1.95 g (51 % d.Th.)

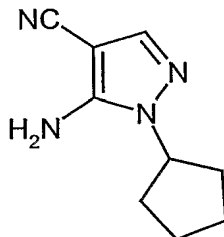
MS (DCI):  $m/z = 191$  (M+H)<sup>+</sup>

<sup>1</sup>H-NMR (200 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 7.5$  (s, 1H), 6.5 (s, 2H), 4.0 (m, 1H), 1.95-1.05 (m, 10H) ppm.

20

**Beispiel 2A**

5-Amino-1-cyclopentyl-1H-pyrazol-4-carbonitril



5

Die Herstellung erfolgt analog der Vorschrift für Beispiel 1A.

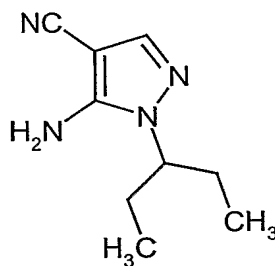
MS (ESI):  $m/z = 177$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

<sup>1</sup>H-NMR (200 MHz, CDCl<sub>3</sub>):  $\delta = 7.5$  (s, 1H), 4.45 (br. s, 2H), 4.35 (m, 1H), 2.2-1.55 (m, 6H) ppm.

10

**Beispiel 3A**

5-Amino-1-(1-ethylpropyl)-1H-pyrazol-4-carbonitril



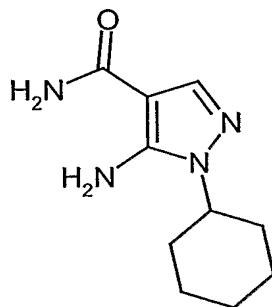
15

Die Herstellung erfolgt analog der Vorschrift für Beispiel 1A.

MS (ESI):  $m/z = 179$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

<sup>1</sup>H-NMR (300 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 7.55$  (s, 1H), 6.45 (s, 2H), 4.0 (m, 1H), 1.8-1.55 (m, 4H), 0.65 (t, 6H) ppm.

20

**Beispiel 4A****5-Amino-1-cyclohexyl-1H-pyrazol-4-carboxamid**

5

Eine Lösung von 5-Amino-1-cyclohexyl-1H-pyrazol-4-carbonitril (1.86 g, 9.81 mmol) in einem Gemisch aus 73 ml Ethanol und 90 ml konzentrierter wässriger Ammoniaklösung wird bei Raumtemperatur mit 18 ml 30%-iger Wasserstoffperoxidlösung versetzt und 1 h bei Raumtemperatur gerührt. Anschließend werden am Rotationsverdampfer die nichtwässrigen Lösemittel abgezogen. Aus der verbleibenden Mischung fällt das Produkt als Feststoff aus, der abgesaugt, mit wenig Wasser gewaschen und im Hochvakuum getrocknet wird.

10

Ausbeute: 1.77 g (86 % d.Th.)

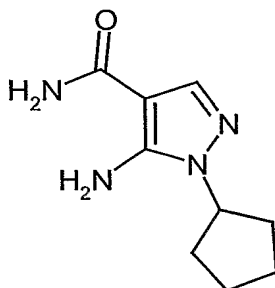
MS (DCI):  $m/z = 209$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

15

<sup>1</sup>H-NMR (300 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 7.6$  (s, 1H), 7.3-6.4 (breit, 2H), 6.1 (s, 2H), 3.95 (m, 1H), 1.95-1.05 (m, 10H) ppm.

**Beispiel 5A**

5-Amino-1-cyclopentyl-1H-pyrazol-4-carboxamid



5

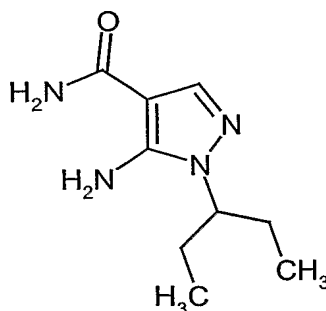
Die Herstellung erfolgt analog der Vorschrift für Beispiel 4A.

MS (ESI):  $m/z = 195$  ( $M+H$ )<sup>+</sup><sup>1</sup>H-NMR (200 MHz, CDCl<sub>3</sub>):  $\delta = 7.5$  (s, 1H), 5.6-4.8 (breit, 4H), 4.35 (m, 1H), 2.2-1.55 (m, 8H) ppm.

10

**Beispiel 6A**

5-Amino-1-(1-ethylpropyl)-1H-pyrazol-4-carboxamid



15

Die Herstellung erfolgt analog der Vorschrift für Beispiel 4A.

MS (ESI):  $m/z = 197$  ( $M+H$ )<sup>+</sup><sup>1</sup>H-NMR (300 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 7.65$  (s, 1H), 6.9 (br. s, 2H), 6.1 (s, 2H), 3.9 (m, 1H), 1.85-1.6 (m, 4H), 0.7 (t, 6H) ppm.

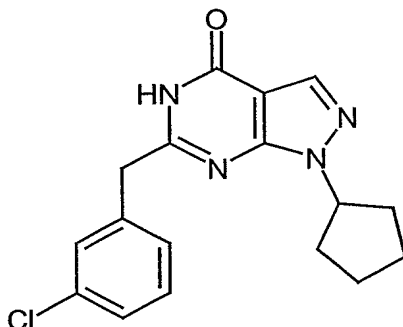
20



**Ausführungsbeispiele:****Beispiel 1**

6-(3-Chlorbenzyl)-1-cyclopentyl-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on

5



Unter Argon werden 180 mg (0.91 mmol) 5-Amino-1-cyclopentyl-1H-pyrazol-4-carboxamid und 575 mg (2.72 mmol; 3 equiv.) (3-Chlorphenyl)essigsäureethylester in 3.5 ml absolutem Ethanol vorgelegt. Bei 0°C werden 127 mg Natriumhydrid (60%-ige Dispersion in Mineralöl; 3.18 mmol; 3.5 equiv.) im Argon-Gegenstrom langsam zugegeben. Das entstandene Gemisch wird langsam erwärmt und für 18 h unter Rückfluß gerührt. Zur Aufarbeitung wird 50 ml Wasser zugegeben und das Gemisch mehrmals mit Essigsäureethylester extrahiert. Die vereinigten organischen Phasen werden über Natriumsulfat getrocknet und im Vakuum eingeeengt. Das Rohprodukt wird mittels präparativer HPLC gereinigt.

15

Ausbeute: 244 mg (81 % d.Th.)

MS (ESI):  $m/z = 329$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

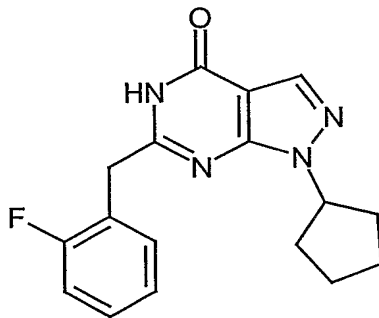
Smp.: 159°C

20

<sup>1</sup>H-NMR (200 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 12.3$  (s, 1H), 8.0 (s, 1H), 7.5-7.2 (m, 4H), 5.05 (m, 1H), 3.95 (s, 2H), 2.2-1.5 (m, 8H) ppm.

**Beispiel 2**

6-(2-Fluorbenzyl)-1-cyclopentyl-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on



5

Analog zu Beispiel 1 wird das Produkt ausgehend von 100 mg (0.5 mmol) 5-Amino-1-cyclopentyl-1H-pyrazol-4-carboxamid und 260 mg (1.51 mmol) (2-Fluorphenyl)-essigsäuremethylester erhalten.

Ausbeute: 100 mg (63 % d.Th.)

10 MS (DCI):  $m/z = 313 (M+H)^+$

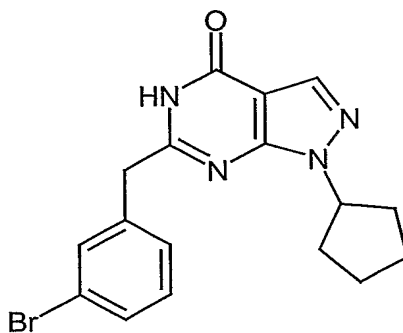
Smp.: 180°C

$^1\text{H-NMR}$  (400 MHz, DMSO- $d_6$ ):  $\delta = 12.25$  (s, 1H), 8.0 (s, 1H), 7.4-7.3 (m, 2H), 7.2-7.1 (m, 2H), 4.95 (m, 1H), 4.05 (s, 2H), 2.05-1.55 (m, 8H) ppm.

15

**Beispiel 3**

6-(3-Brombenzyl)-1-cyclopentyl-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on



- 34 -

Analog zu Beispiel 1 wird das Produkt ausgehend von 80 mg (0.4 mmol) 5-Amino-1-cyclopentyl-1H-pyrazol-4-carboxamid und 277 mg (1.21 mmol) (3-Bromphenyl)-essigsäuremethylester erhalten.

Ausbeute: 93 mg (62 % d.Th.)

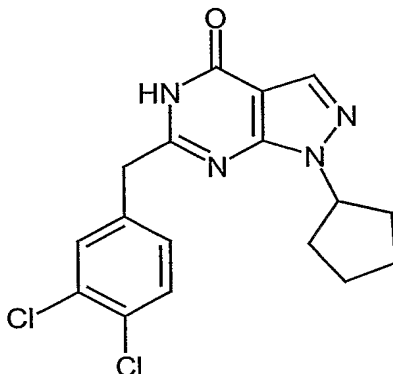
5 MS (ESI):  $m/z = 373$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

Smp.: 159°C

<sup>1</sup>H-NMR (400 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 12.2$  (s, 1H), 8.0 (s, 1H), 7.6 (s, 1H), 7.5-7.35 (m, 3H), 5.05 (m, 1H), 4.0 (s, 2H), 2.1-1.6 (m, 8H) ppm.

10 **Beispiel 4**

6-(3,4-Dichlorbenzyl)-1-cyclopentyl-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on



15 Analog zu Beispiel 1 wird das Produkt ausgehend von 75 mg (0.38 mmol) 5-Amino-1-cyclopentyl-1H-pyrazol-4-carboxamid und 254 mg (1.14 mmol) (3,4-Dichlorphenyl)essigsäuremethylester erhalten.

Ausbeute: 94 mg (68 % d.Th.)

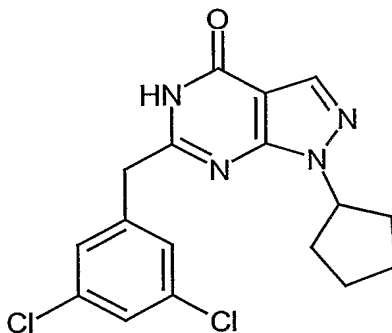
MS (ESI):  $m/z = 363$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

20 Smp.: 198°C

<sup>1</sup>H-NMR (400 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 12.2$  (s, 1H), 8.0 (s, 1H), 7.65 (d, 1H,  $J = 1$  Hz), 7.55 (d, 1H,  $J = 7.5$  Hz), 7.3 (dd, 1H,  $J = 7.5$  Hz, 1 Hz), 5.05 (m, 1H), 4.0 (s, 2H), 2.1-1.6 (m, 8H) ppm.

**Beispiel 5**

6-(3,5-Dichlorbenzyl)-1-cyclopentyl-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on



5

Analog zu Beispiel 1 wird das Produkt ausgehend von 150 mg (0.76 mmol) 5-Amino-1-cyclopentyl-1H-pyrazol-4-carboxamid und 507 mg (2.27 mmol) (3,5-Dichlorphenyl)essigsäuremethylester erhalten.

Ausbeute: 159 mg (58 % d.Th.)

10

MS (ESI):  $m/z = 363$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

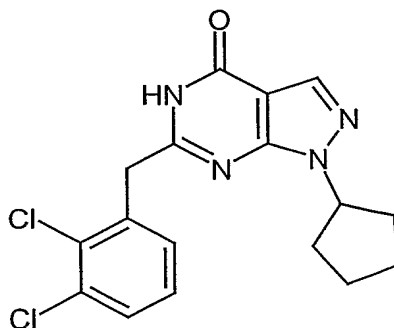
Smp.: 177°C

<sup>1</sup>H-NMR (200 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 12.25$  (s, 1H), 8.0 (s, 1H), 7.55 (t, 1H,  $J = 1$  Hz), 7.45 (d, 2H,  $J = 1$  Hz), 5.05 (m, 1H), 4.0 (s, 2H), 2.2-1.5 (m, 8H) ppm.

15

**Beispiel 6**

6-(2,3-Dichlorbenzyl)-1-cyclopentyl-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on



Analog zu Beispiel 1 wird das Produkt ausgehend von 150 mg (0.76 mmol) 5-Amino-1-cyclopentyl-1H-pyrazol-4-carboxamid und 406 mg (1.82 mmol) (2,3-Dichlorphenyl)essigsäuremethylester erhalten.

Ausbeute: 114 mg (41 % d.Th.)

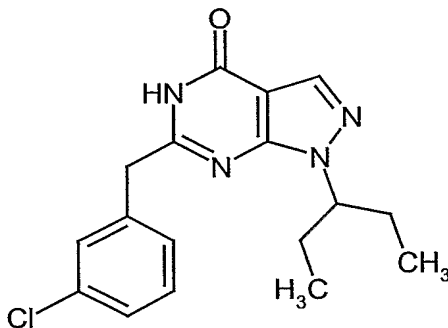
5 MS (ESI):  $m/z = 363$  (M+H)<sup>+</sup>

Smp.: 181°C

<sup>1</sup>H-NMR (200 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 12.35$  (s, 1H), 8.0 (s, 1H), 7.6 (m, 1H), 7.4-7.3 (m, 2H), 4.9 (m, 1H), 4.2 (s, 2H), 2.1-1.5 (m, 8H) ppm.

10 **Beispiel 7**

6-(3-Chlorbenzyl)-1-(1-ethylpropyl)-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on



15 Analog zu Beispiel 1 wird das Produkt ausgehend von 150 mg (0.76 mmol) 5-Amino-1-(1-ethylpropyl)-1H-pyrazol-4-carboxamid und 484 mg (2.29 mmol) (3-Chlorphenyl)essigsäureethylester erhalten.

Ausbeute: 210 mg (83 % d.Th.)

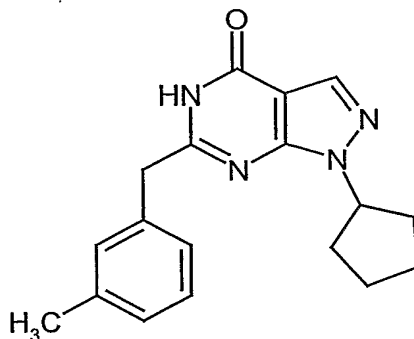
MS (ESI):  $m/z = 331$  (M+H)<sup>+</sup>

20 Smp.: 138°C

<sup>1</sup>H-NMR (200 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 12.3$  (s, 1H), 8.0 (s, 1H), 7.45-7.25 (m, 4H), 4.45 (m, 1H), 4.0 (s, 2H), 2.0-1.7 (m, 4H), 0.6 (t, 6H,  $J = 7.5$  Hz) ppm.

**Beispiel 8**

6-(3-Methylbenzyl)-1-cyclopentyl-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on



5

Analog zu Beispiel 1 wird das Produkt ausgehend von 200 mg (1.01 mmol) 5-Amino-1-cyclopentyl-1H-pyrazol-4-carboxamid und 550 mg (3.03 mmol) (3-Methylphenyl)essigsäureethylester erhalten.

Ausbeute: 222 mg (71 % d.Th.)

10 MS (ESI):  $m/z = 309$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

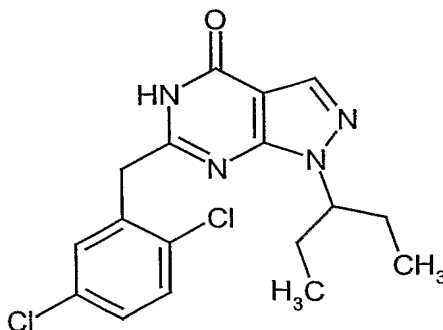
Smp.: 152°C

<sup>1</sup>H-NMR (200 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 12.2$  (s, 1H), 8.0 (s, 1H), 7.3-7.0 (m, 4H), 5.1 (m, 1H), 3.95 (s, 2H), 2.3 (s, 3H), 2.2-1.55 (m, 8H) ppm.

15

**Beispiel 9**

6-(2,5-Dichlorbenzyl)-1-(1-ethylpropyl)-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on



- 38 -

Analog zu Beispiel 1 wird das Produkt ausgehend von 200 mg (1.0 mmol) 5-Amino-1-(1-ethylpropyl)-1H-pyrazol-4-carboxamid und 806 mg (3.5 mmol) (2,5-Dichlorphenyl)essigsäuremethylester erhalten.

Ausbeute: 51 mg (14 % d.Th.)

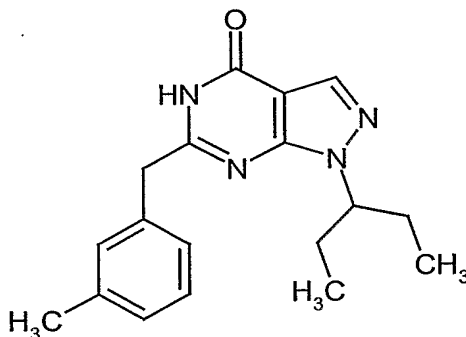
5 MS (ESI):  $m/z = 365$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

Smp.: 134°C

<sup>1</sup>H-NMR (300 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 12.3$  (s, 1H), 8.0 (s, 1H), 7.55-7.35 (m, 3H), 4.2 (m, 1H), 4.15 (s, 2H), 1.9-1.65 (m, 4H), 0.55 (t, 6H,  $J = 7.5$  Hz) ppm.

10 **Beispiel 10**

6-(3-Methylbenzyl)-1-(1-ethylpropyl)-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on



15

Analog zu Beispiel 1 wird das Produkt ausgehend von 200 mg (1.0 mmol) 5-Amino-1-(1-ethylpropyl)-1H-pyrazol-4-carboxamid und 534 mg (3.0 mmol) (3-Methylphenyl)essigsäureethylester erhalten.

Ausbeute: 187 mg (60 % d.Th.)

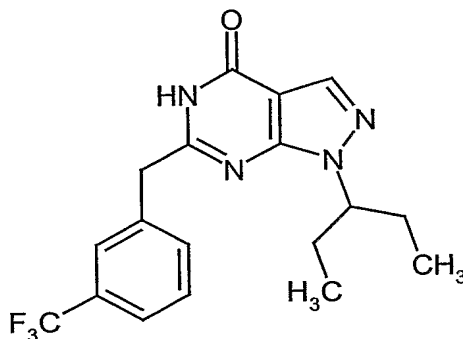
20 MS (ESI):  $m/z = 311$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

Smp.: 128°C

<sup>1</sup>H-NMR (200 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 12.25$  (s, 1H), 8.0 (s, 1H), 7.25-7.0 (m, 4H), 4.5 (m, 1H), 3.95 (s, 2H), 2.25 (s, 3H), 2.0-1.7 (m, 4H), 0.6 (t, 6H,  $J = 7.5$  Hz) ppm.

**Beispiel 11**

1-(1-Ethylpropyl)-6-[3-(trifluormethyl)benzyl]-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on



5

Analog zu Beispiel 1 wird das Produkt ausgehend von 150 mg (0.75 mmol) 5-Amino-1-(1-ethylpropyl)-1H-pyrazol-4-carboxamid und 490 mg (2.25 mmol) (3-Tri-fluormethylphenyl)essigsäuremethylester erhalten.

10

Ausbeute: 159 mg (58 % d.Th.)

MS (ESI):  $m/z = 365$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

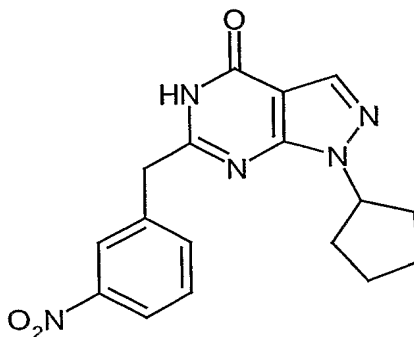
Smp.: 120°C

<sup>1</sup>H-NMR (400 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 12.3$  (s, 1H), 8.0 (s, 1H), 7.7 (s, 1H), 7.7-7.5 (m, 3H), 4.4 (m, 1H), 4.1 (s, 2H), 1.95-1.75 (m, 4H), 0.6 (t, 6H,  $J = 7.5$  Hz) ppm.

15

**Beispiel 12**

1-Cyclopentyl-6-(3-nitrobenzyl)-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on





Analog zu Beispiel 1 wird das Produkt ausgehend von 668 mg (3.44 mmol) 5-Amino-1-cyclopentyl-1H-pyrazol-4-carboxamid und 3.5 g (13.7 mmol) 3-Nitrophenyllessigsäureethylester erhalten.

5 Ausbeute: 10 mg (1 % d.Th.)

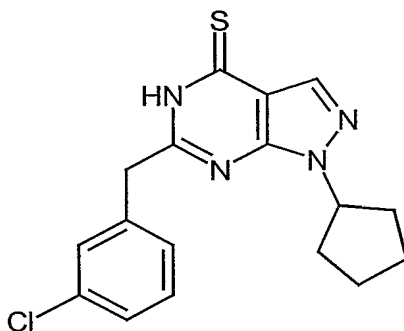
MS (ESI):  $m/z = 340$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

<sup>1</sup>H-NMR (300 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 12.3$  (s, 1H), 8.3 (s, 1H), 8.15 (m, 1H), 8.0 (s, 1H), 7.8 (d, 1H,  $J = 8$  Hz), 7.6 (t, 1H,  $J = 8$  Hz), 5.0 (m, 1H), 4.15 (s, 2H), 2.1-1.6 (m, 8H).

10

### **Beispiel 13**

6-(3-Chlorbenzyl)-1-cyclopentyl-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-thion



15

Eine Lösung von 50 mg (0.15 mmol) 6-(3-Chlorbenzyl)-1-cyclopentyl-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]pyrimidin-4-on (Beispiel 1) in 1 ml Pyridin wird bei Raumtemperatur mit 50 mg (0.23 mmol, 1.5 equiv.) Diphosphorpentasulfid versetzt und anschließend über Nacht unter Rückfluß gerührt. Nach dem Abkühlen wird die Reaktionslösung mit 10 ml eiskalter 2.5%-iger Natriumhydrogencarbonat-Lösung versetzt und dreimal mit Essigsäureethylester extrahiert. Die vereinigten organischen Phasen werden mit gesättigter Kochsalzlösung gewaschen, über Natriumsulfat getrocknet und im Vakuum eingengt. Das Rohprodukt wird über präparative HPLC gereinigt.

25 Ausbeute: 36 mg (68% d.Th.)

MS (ESI):  $m/z = 345$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

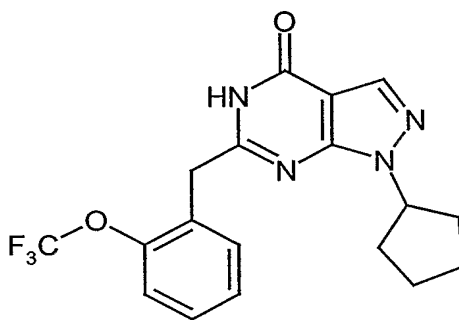
Smp.: 154°C

<sup>1</sup>H-NMR (300 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 13.6$  (s, 1H), 8.15 (s, 1H), 7.5 (s, 1H), 7.4-7.25 (m, 3H), 5.05 (m, 1H), 4.1 (s, 2H), 2.1-1.6 (m, 8H).

5

#### **Beispiel 14**

1-Cyclopentyl-6-[2-(trifluormethoxy)benzyl]-1,5-dihydro-4H-pyrazolo[3,4-d]-pyrimidin-4-on



10

Analog zu Beispiel 1 wird das Produkt ausgehend von 50 mg (0.26 mmol) 5-Amino-1-cyclopentyl-1H-pyrazol-4-carboxamid und 301 mg (1.29 mmol) [2-(Trifluormethoxy)phenyl]essigsäuremethylester erhalten.

15 Ausbeute: 64 mg (63 % d.Th.)

MS (DCI):  $m/z = 379$  ( $M+H$ )<sup>+</sup>

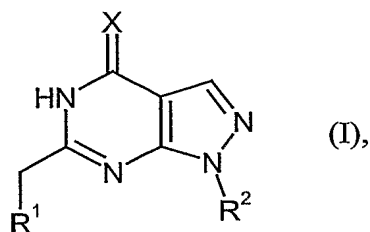
Smp.: 161°C

<sup>1</sup>H-NMR (400 MHz, DMSO-d<sub>6</sub>):  $\delta = 12.25$  (s, 1H), 8.0 (s, 1H), 7.5-7.3 (m, 4H), 4.9 (m, 1H), 4.1 (s, 2H), 2.05-1.5 (m, 8H) ppm.

20

**Patentansprüche**

## 1. Verbindungen der Formel



5

in welcher

R¹ Phenyl, welches mit 1 bis 5 Substituenten unabhängig voneinander ausgewählt aus der Gruppe Halogen, C₁-C₆-Alkyl, Trifluormethyl, Trifluormethoxy, Cyano, Hydroxy, Nitro und C₁-C₆-Alkoxy substituiert ist,

10

R² Pentan-3-yl, C₄-C₆-Cycloalkyl,

15

X Sauerstoff oder Schwefel,

bedeuten,

sowie deren Salze, Solvate und/oder Solvate der Salze.

20

## 2. Verbindungen nach Anspruch 1, wobei

R¹ Phenyl, welches mit 1 bis 3 Substituenten unabhängig voneinander ausgewählt aus der Gruppe Fluor, Chlor, Brom, C₁-C₄-Alkyl, Trifluormethyl, Trifluormethoxy, Cyano, Hydroxy, Nitro und C₁-C₄-Alkoxy substituiert ist,

25

$R^2$  Pentan-3-yl, C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub>-Cycloalkyl,

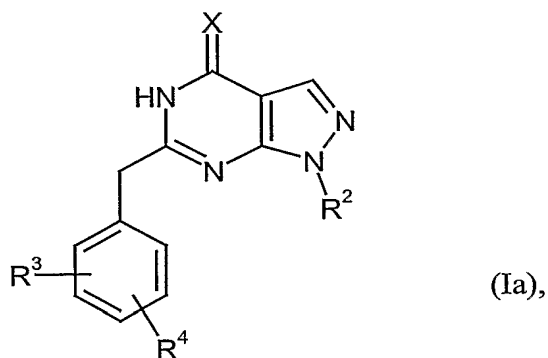
X Sauerstoff oder Schwefel,

5

bedeuten,

sowie deren Salze, Solvate und/oder Solvate der Salze.

10 3. Verbindungen nach Ansprüchen 1 und 2 der Formel



in welcher

15  $R^3$  Wasserstoff oder Chlor,

$R^4$  Fluor, Chlor, Brom, Methyl, Trifluormethyl,

$R^2$  Pentan-3-yl, Cyclopentyl,

20

X Sauerstoff oder Schwefel,

bedeuten,

25 sowie deren Salze, Solvate und/oder Solvate der Salze.

4. Verbindungen nach Ansprüchen 1 bis 3 der Formel (Ia), wobei

$R^3$  Wasserstoff oder Chlor,

5

$R^4$  Fluor, Chlor, Brom, Methyl, Trifluormethyl,

$R^2$  Pentan-3-yl, Cyclopentyl,

10

X Sauerstoff,

bedeuten,

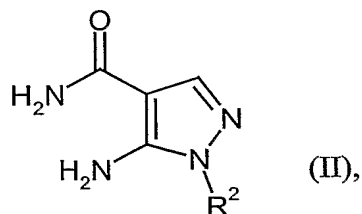
sowie deren Salze, Solvate und/oder Solvate der Salze.

15

5. Verfahren zur Herstellung von Verbindungen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man

[A] Verbindungen der Formel

20



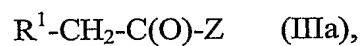
in welcher

25

$R^2$  die in Anspruch 1 angegebenen Bedeutungen aufweist,

durch Umsetzung mit einer Verbindung der Formel

- 45 -



in welcher

5

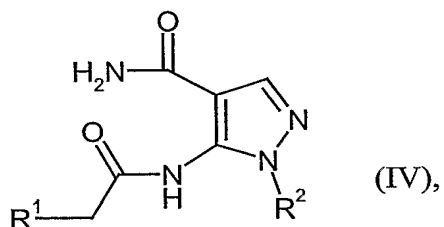
 $R^1$  die in Anspruch 1 angegebenen Bedeutungen aufweist,

und

10

 $Z$  für Chlor oder Brom steht,

zunächst in Gegenwart einer Base in Verbindungen der Formel



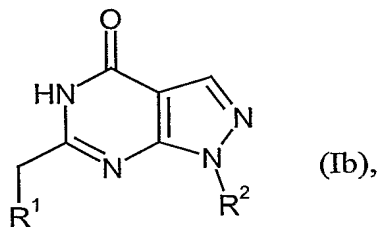
15

in welcher

 $R^1$  und  $R^2$  die in Anspruch 1 angegebenen Bedeutungen aufweisen,

20

überführt, dann in Gegenwart einer Base zu Verbindungen der Formel



- 46 -

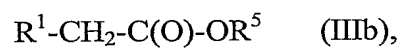
in welcher

$R^1$  und  $R^2$  die in Anspruch 1 angegebenen Bedeutungen aufweisen,

5 cyclisiert,

oder

10 [B] Verbindungen der Formel (II) unter direkter Cyclisierung zu (Ib) mit einer Verbindung der Formel



in welcher

15

$R^1$  die in Anspruch 1 angegebenen Bedeutungen aufweist,

und

20

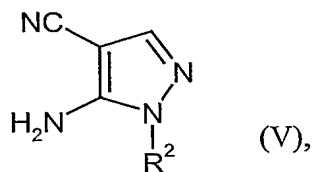
$R^5$  für Methyl oder Ethyl steht,

in Gegenwart einer Base umsetzt,

oder

25

[C] Verbindungen der Formel

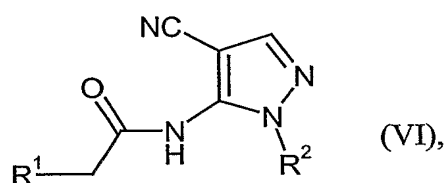


in welcher

$R^2$  die in Anspruch 1 angegebenen Bedeutungen aufweist,

5

zunächst durch Umsetzung mit einer Verbindung der Formel (IIIa) in Gegenwart einer Base in Verbindungen der Formel



10

in welcher

$R^1$  und  $R^2$  die in Anspruch 1 angegebenen Bedeutungen aufweisen,

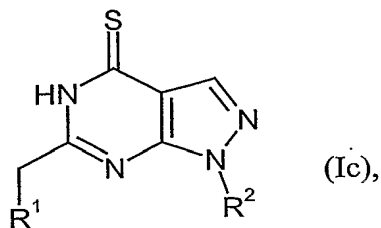
15

überführt,

und diese in einem zweiten Schritt in Gegenwart einer Base und eines Oxidationsmittels zu (Ib) cyclisiert,

20

und die Verbindungen der Formel (Ib) gegebenenfalls dann durch Umsetzung mit einem Schwefelungsmittel wie beispielsweise Diphosphorpentasulfid in die Thiono-Derivate der Formel





in welcher

$R^1$  und  $R^2$  die in Anspruch 1 angegebenen Bedeutungen aufweisen,

5

überführt,

und die resultierenden Verbindungen der Formel (I) gegebenenfalls mit den entsprechenden (i) Lösungsmitteln und/oder (ii) Basen oder Säuren zu ihren Solvaten, Salzen und/oder Solvaten der Salze umsetzt.

10

6. Verbindungen nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zur Behandlung und/oder Prophylaxe von Krankheiten.

15 7. Arzneimittel enthaltend mindestens eine der Verbindungen nach einem der Ansprüche 1 bis 4 und mindestens einen pharmazeutisch verträglichen, im wesentlichen nichtgiftigen Träger oder Exzipienten.

20 8. Verwendung der Verbindungen nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zur Herstellung eines Arzneimittels zur Prophylaxe und/oder Behandlung von Störungen der Wahrnehmung, Konzentrationsleistung, Lern- und/oder Gedächtnisleistung.

25 9. Verwendung nach Anspruch 8, wobei die Störung eine Folge der Alzheimer'schen Krankheit ist.

10. Verwendung der Verbindungen nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zur Herstellung eines Arzneimittels zur Verbesserung der Wahrnehmung, Konzentrationsleistung, Lern- und/oder Gedächtnisleistung.

30

5

11. Verfahren zur Bekämpfung von Störungen der Wahrnehmung, Konzentrationsleistung, Lern- und/oder Gedächtnisleistung in Mensch oder Tier durch Verabreichung einer wirksamen Menge der Verbindungen aus Ansprüchen 1 bis 4.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Störung eine Folge der Alzheimer'schen Krankheit ist.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP 03/08923

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 C07D487/04 A61K31/519 A61P25/00 //(C07D487/04,239:00, 231:00)		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 C07D A61K A61P		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) CHEM ABS Data, EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 98 40384 A (BAYER AG (DE)) 17 September 1998 (1998-09-17) cited in the application claims 1,7	1,7
A	GB 937 726 A (CIBA LTD) 25 September 1963 (1963-09-25) cited in the application column 2, line 18 - line 29; claim 1	1,7
A	DE 11 47 234 B (CIBA GEIGY) 18 April 1963 (1963-04-18) cited in the application column 1, line 1 - line 24	1,7
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents:		
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		
*E* earlier document but published on or after the international filing date		
*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		
*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention		
*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone		
*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.		
*&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 10 November 2003		Date of mailing of the international search report 15/12/2003
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Alfaro Faus, I

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/08923

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>DE 11 49 013 B (CIBA GEIGY)  22 May 1963 (1963-05-22)  cited in the application  Spalte 1, Zeile 1 -Zeile 30; Spalte 2,  Zeile 32 - Zeile 38  -----</p>	1,7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/08923

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9840384	A	17-09-1998	DE 19709877 A1	17-09-1998
			AT 231509 T	15-02-2003
			AU 727615 B2	14-12-2000
			AU 6824098 A	29-09-1998
			BR 9807995 A	08-03-2000
			CN 1255133 T	31-05-2000
			DE 59807011 D1	27-02-2003
			DK 973774 T3	05-05-2003
			WO 9840384 A1	17-09-1998
			EP 0973774 A1	26-01-2000
			ES 2191294 T3	01-09-2003
			HU 0001805 A2	28-11-2000
			JP 2001514638 T	11-09-2001
			NZ 337724 A	25-08-2000
			US 6174884 B1	16-01-2001
GB 937726	A	25-09-1963	CH 390929 A	30-04-1965
DE 1147234	B	18-04-1963	NONE	
DE 1149013	B	22-05-1963	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Patenzusammenfassungssymbol

PCT/EP 03/08923

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 C07D487/04 A61K31/519 A61P25/00 //(C07D487/04,239:00,231:00)

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 C07D A61K A61P

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

CHEM ABS Data, EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 98 40384 A (BAYER AG (DE)) 17. September 1998 (1998-09-17) in der Anmeldung erwähnt Ansprüche 1,7	1,7
A	GB 937 726 A (CIBA LTD) 25. September 1963 (1963-09-25) in der Anmeldung erwähnt Spalte 2, Zeile 18 - Zeile 29; Anspruch 1	1,7
A	DE 11 47 234 B (CIBA GEIGY) 18. April 1963 (1963-04-18) in der Anmeldung erwähnt Spalte 1, Zeile 1 - Zeile 24	1,7
	--- -/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
  - \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
  - \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
  - \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
  - \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- \*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- \*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- \*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- \*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. November 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

15/12/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Alfaro Faus, I

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP 03/08923

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>DE 11 49 013 B (CIBA GEIGY)  22. Mai 1963 (1963-05-22)  in der Anmeldung erwähnt  Spalte 1, Zeile 1 - Zeile 30; Spalte 2,  Zeile 32 - Zeile 38  -----</p>	1,7

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/08923

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9840384	A	17-09-1998	DE 19709877 A1 17-09-1998
		AT 231509 T 15-02-2003	
		AU 727615 B2 14-12-2000	
		AU 6824098 A 29-09-1998	
		BR 9807995 A 08-03-2000	
		CN 1255133 T 31-05-2000	
		DE 59807011 D1 27-02-2003	
		DK 973774 T3 05-05-2003	
		WO 9840384 A1 17-09-1998	
		EP 0973774 A1 26-01-2000	
		ES 2191294 T3 01-09-2003	
		HU 0001805 A2 28-11-2000	
		JP 2001514638 T 11-09-2001	
		NZ 337724 A 25-08-2000	
		US 6174884 B1 16-01-2001	
GB 937726	A	25-09-1963	CH 390929 A 30-04-1965
DE 1147234	B	18-04-1963	KEINE
DE 1149013	B	22-05-1963	KEINE